

– Необходимость тщательного проектирования полос и зазоров в модуле, который трудно воспроизвести.

Выводы. У тонкопленочных фотоэлементов есть неплохие шансы сравняться с кремниевыми по стоимости производства (в расчете на единицу мощности), но их более низкий КПЭ (КПД) должен компенсироваться либо эксплуатационными характеристиками (например, более низкой скоростью деградации), либо сокращением, так называемого, баланса системы расходов. Таким образом, по оценкам экспертов, тонкопленочные технологии CdTe+CIGS смогут внести максимально ~ 45 ГВт/год новых генерирующих мощностей к 2025 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ УЧАСТКЕ В Г. ОРСКЕ

*Лукьянова К.С., Фазлиахметова М.Ф., Гюнтер Д.А.
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ*

С каждым годом на бытовые нужды расходуется всё большая доля электроэнергии, в огромных масштабах растёт применение бытовой электрифицированной техники. Одним из способов уменьшения затрат электрической энергии является использование альтернативных источников энергии. Так, в 2008 году Правительство России задалось целью довести мощность возобновляемых источников энергии до 4,5 % от общего производства энергии в стране, или 22 ГВт к 2020 году [1]. Наибольших успехов среди возобновляемых источников энергии достигла ветроэнергетика, которая на сегодня является самой быстроразвивающейся отраслью. Город Орск рассматривается, как территория с высоким ветровым потенциалом, благодаря своему расположению в лесостепном поясе страны.

Как известно, данные о скорости ветра, получаемые на метеостанциях, могут характеризовать ветровой режим в некоторой области установки станции, так как характер подстилающей поверхности сильно влияет на скорость и направление ветра. Под влиянием различных факторов природного или техногенного происхождения скорость ветра может, как ослабевать, так и усиливаться. Поэтому наблюдение за ветром на площадке предполагаемого расположения ВЭУ даст исчерпывающую информацию о характере ветрового потока с учетом местных условий.

Нами была поставлена задача определения средней удельной мощности ветрового потока вблизи земной поверхности для использования в «малой» ветроэнергетике.

По определению удельная мощность ветрового потока равна

$$\langle N \rangle = \frac{1}{2} \rho \langle v^3 \rangle. \quad (1)$$

Из выражения (1) следует, что для оценки удельной мощности необходимо знание повторяемости различных скоростей ветра на участке, так как

$\langle v \rangle^3 \neq \langle v^3 \rangle$. Поэтому для определения $\langle v^3 \rangle$ необходимо воспользоваться следующей формулой

$$\langle v^3 \rangle = \int_0^{\infty} v^3 f(v) dv, \quad (2)$$

где $f(v)$ – дифференциальная функция распределения скоростей ветра.

В диссертационной работе [2] было показано, что в качестве функции распределения для аппроксимации статистических данных скоростей ветра лучше использовать распределение Вейбулла-Гудрича, которое имеет вид:

$$F(v) = 1 - \exp \left(- \lambda \left(\frac{v}{\bar{v}} \right)^{\delta} \right). \quad (3)$$

Здесь λ и δ – параметры распределения, которые необходимо определить.

Для поставленной задачи на открытом участке, отведенном под индивидуальное строительство, в весенне-летний период (с марта по июль) были осуществлены экспериментальные измерения скорости ветра на высоте порядка 2 метров. Суммарно было произведено 197 измерений (в среднем 2-3 измерения в сутки).

Исходный массив экспериментальных данных подвергся математической обработке. Для определения параметров интегрального распределения был применен метод наименьших квадратов (рис. 1). Параметры распределения (3) оказались равны следующим значениям

$$\lambda = 1.125, \quad \delta = 1.239. \quad (4)$$

Заметим, что полученные числовые значения согласуются в пределах 15 % с данными, приведенными в работе [2] по Оренбургской области. Коэффициент корреляции между экспериментальными значениями и аппроксимирующей кривой равен $r = 0.975$.

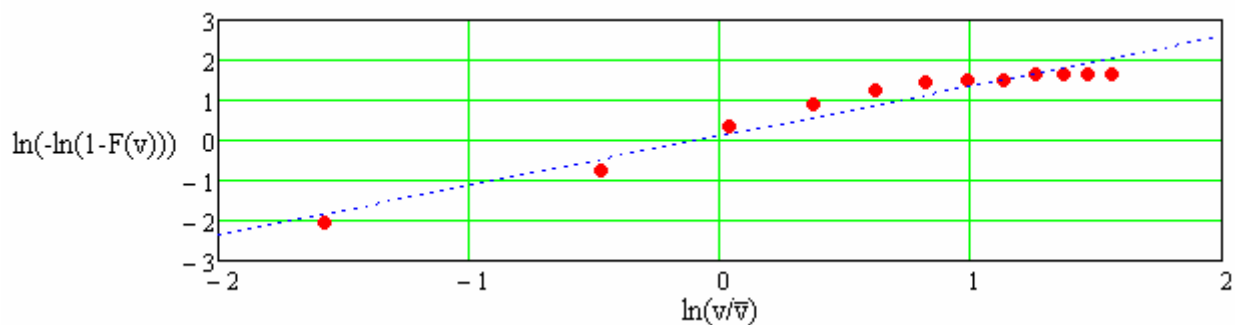


Рис. 1. Красными точками отмечены экспериментальные значения, пунктирная линия – аппроксимирующая кривая, полученная МНК

Дифференциальный закон распределения скоростей ветра найдем по известному соотношению

$$f(v) = \frac{dF(v)}{dv} = \frac{\lambda \delta}{\bar{v}} \left(\frac{v}{\bar{v}} \right)^{\delta-1} \cdot \exp \left(- \lambda \left(\frac{v}{\bar{v}} \right)^{\delta} \right). \quad (5)$$

На рис. 2b приведена гистограмма распределения скоростей ветра по градациям с шагом 1 м/с, а также найденная функция плотности распределения

скоростей ветра (5), которая показана штрихпунктирной кривой. Как видно из рисунка, имеется некоторое несовпадение в области значений скоростей 2-3 м/с между пиками теоретической кривой и экспериментальными данными. Одним из объяснений может служить тот факт, что зависимость (5) получена из интегральной функции, которая учитывает все измеренные на опыте скорости. Как видно из рисунка 2а, интегральная функция $(1 - F(v))$ с достаточной точностью описывает экспериментальные данные. Другим фактором является относительно малое число натурных измерений скорости ветра.

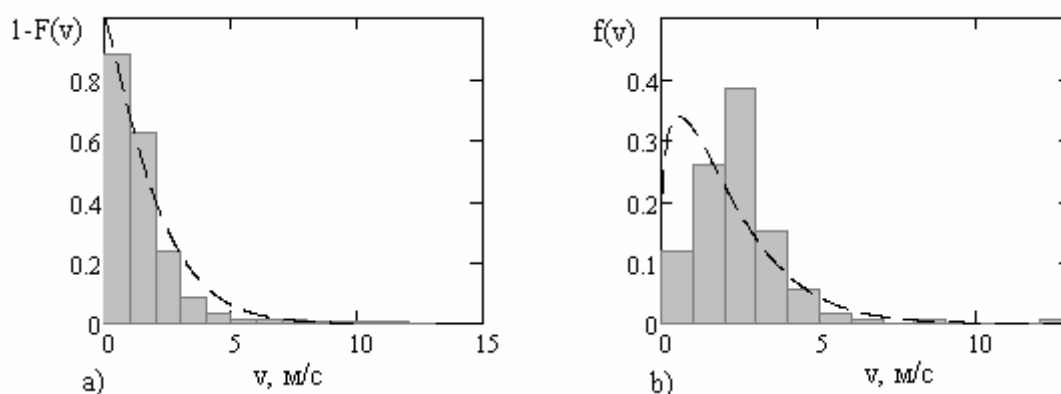


Рис. 2. Сравнение экспериментальных данных представленных в виде гистограмм и найденными теоретическими функциями (штрихпунктирные кривые)

Таким образом, зная дифференциальную функцию распределения (5), определим по формуле (2) среднюю кубическую скорость, а также среднюю скорость ветра на рассматриваемом участке

$$\langle v \rangle = 2.1 \text{ м/с}, \quad \langle v^3 \rangle = 32.4 \text{ м}^3/\text{с}^3. \quad (6)$$

Примем плотность воздуха равной $\rho = 1.2 \text{ кг/м}^3$, тогда по формуле (1) удельная мощность ветрового потока в приземном слое ($h \approx 2 \text{ м}$) будет равна

$$\langle N \rangle = 19.5 \text{ Вт/м}^2. \quad (7)$$

Как известно, скорость ветра при прочих равных условиях увеличивается с высотой, поэтому, сделав допущение, что возрастание средней скорости по высоте происходит так же, как и возрастание средней удельной мощности ветрового потока, получим следующую оценку удельной мощности ветра для высот 10 м и 18 м, т.е.

$$\langle N \rangle|_{h=10 \text{ м}} = 23.4 \text{ Вт/м}^2, \quad \langle N \rangle|_{h=18 \text{ м}} = 27.8 \text{ Вт/м}^2. \quad (8)$$

Итак, для различных моделей ВЭУ малой мощности с высотой мачты от 10 м до 18 м и радиусом лопастей от 3 до 5 метров оценка удельной мощности (8) дает величину вырабатываемой мощности от 300 Вт до 800 Вт с учетом КПД установки.

Библиографический список

1. Рензо Д. Ветроэнергетика / под ред. Я.И. Шефтера. М.: Энергоатомиздат, 1982. С. 4–35.
2. Рыхлов А.Б. Климатологическая оценка ветроэнергетического потенциала на различных высотах: на примере юго-востока Европейской территории России: автореф. дис. ... доктора географических наук: 25.00.30 / Рыхлов А.Б.; [Место защиты: Казан. (Приволж.) федер. ун-т]. Казань, 2012. 36 с.: ил. РГБ ОД, 9 12-5/2938.